

3. Бойко Т.В. Особенности определения техногенного риска на объектах химической технологии при проектировании [Текст] / Т.В. Бойко, В.И. Бендюг, М.В. Назаренко // Сб. трудов XXIV Междунар. науч. конф. Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-24 в 10 т. Т. 4 Секция 4 / под. общ. ред. В.С. Балакирева. - Киев: Национ. техн. ун-т Украины «КПИ», 2011. – С. 23-26.
4. Назаренко М.В. Особливості визначення техногенного ризику хіміко – технологічних об'єктів на стадії проектування [Текст] / М.В. Назаренко, Т.В. Бойко, В.І. Бендюг // Східно-європейський журнал передових технологій, Харків, 2011, №3/11 (51) – С. 13-17.
5. Про затвердження Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря [Текст]: Наказ від 10 грудня 2008 року № 639 // Офіційний вісник України. – 2009. – № 5. – 02 лютого. – С. 120, стаття 151, код акту 45574/2009.
6. Про затвердження Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів [Текст]: Наказ від 20 липня 2009 року № 389 // Офіційний вісник України. – 2009. – № 63. – 28 серпня. – С. 128, стаття 2242.

У роботі розглянуто структуру і функції підсистеми керування процесом теплопостачання у цех твердих лікарських засобів. Відповідно до запропонованої структури виділений технологічний об'єкт керування, вибрані математичні моделі, розраховані оптимальні налаштування регуляторів

Ключові слова: система керування, математична модель, лікарські засоби

В работе рассмотрена структура и функции подсистемы управления процессом теплоснабжения цеха твердых лекарственных средств. В соответствии с предложенной структурой выделен технологический объект управления, выбраны математические модели, рассчитаны оптимальные настройки регуляторов

Ключевые слова: система управления, математическая модель, лекарственные средства

This paper presents the structure and function of control subsystem of the heat supply process to the solid medicaments department. In accordance with proposed technological control object the mathematical models selected and the optimal parameters of feedback controllers calculated

Keywords: system control, mathematical model, medicaments

УДК 615-65

ПІДСИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ У ЦЕХ ТВЕРДИХ ЛІКАРСЬКИХ ЗАСОБІВ

О.В. Сангінова

Кандидат технічних наук, доцент*

Контактний тел.: (044) 454-97-83

E-mail: olga.sanginova@gmail.com

С.М. Брусник*

Контактний тел.: (044) 454-97-83

*Кафедра кібернетики хіміко-технологічний процесів

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, , 03056

Вступ

Фармацевтичні підприємства України виробляють близько 1400 найменувань препаратів у формі таблеток, аерозолів, спреїв, капсул, мазей, порошків, розчинів, супозиторіїв та ін. Серед них тверді лікарські засоби (таблетки) займають близько 38%. На якість таблеток суттєво впливає температура та вологість повітря у цеху. Порушення вимог з вологості та температури призводить до налипання таблетної маси на деталі апаратів і ускладнень при гранулюванні та кристалізації суміші [1]. Підтримання заданої темпе-

ратури у приміщенні цеху зазвичай здійснюється оператором вручну за показаннями приладів контролю. Автоматизація процесу теплопостачання та створення підсистеми керування дозволить усунути типові недоліки, характерні для ручного способу керування.

Виділення технологічного об'єкту керування та постановка задачі

Підтримання заданої температури у цеху здійснюється за допомогою системи обігріву цеху, схема якої

показана на рис. 1: від подаючої гребінки на пластинчатий теплообмінник 1 подається гарячий теплоносіє (вода) температурою 90°C, охолоджується до 70°C і надходить до зворотної гребінки. Із циркуляційного трубопроводу вода температурою 37°C насосом 3 подається в теплообмінник 1, де нагрівається до 55°C. Підігріта вода надходить на гаряче водопостачання. Аналогічно працює другий теплообмінник. Підпитка контуру водою забезпечується за допомогою водопроводу. Частина води температурою 55°C подається у бак 5 для забезпечення запасу гарячої води. Відведення надлишку води з баку здійснюється за допомогою вентилі.

Отже, технологічний об'єкт керування (ТОК) складається з двох теплообмінників та баку запасу гарячої води.

Теплообмінники відносяться до об'єктів з розподіленими та взаємозалежними параметрами [2, 4]. Метою керування теплообмінників даного ТОК є підтримання температури на виході на рівні 55°C. Ємність є об'єктами із зосередженими параметрами [2]. Мета керування баку запасу гарячої води - підтримання заданого рівня шляхом відводу частини рідини за допомогою вентилі. Слід також врахувати, що при температурі навколишнього середовища вище 10°C для підтримання температури у цеху достатньо лише одного теплообмінника, а при температурі більше 19°C обидва слід відключити. Тому виникає задача керування парою теплообмінників в залежності від температури навколишнього середовища.

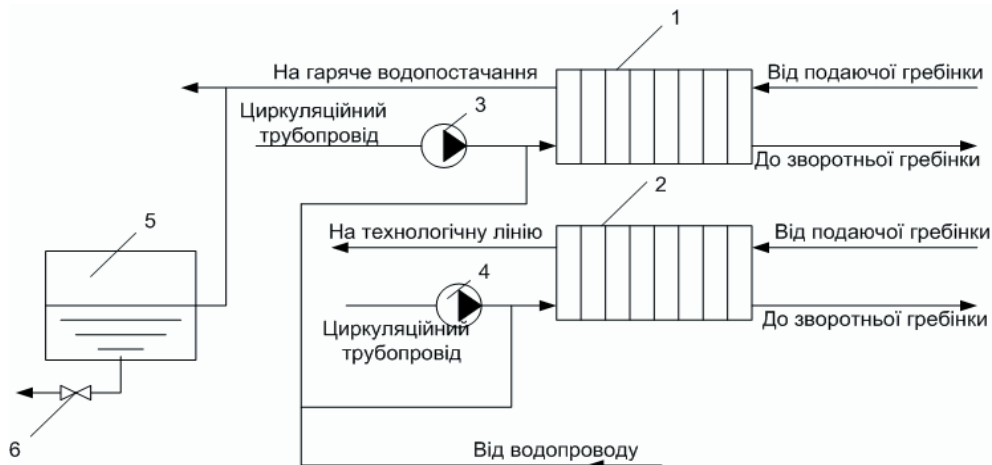


Рис. 1. Система обігріву цеху твердих лікарських засобів: 1, 2 - теплообмінники; 3, 4 - насоси; 5 - бак запасу води, 6 - вентиль

Таким чином, задача керування технологічним об'єктом складається з трьох підзадач: підтримання температури на виході з теплообмінників на рівні 55°C; підтримання рівня в баку запасу гарячої води - 1000 мм; вимикання одного з теплообмінників при температурі навколишнього середовища вище 10°C та двох при температурі більше 19°C.

Реалізація сформульованої задачі вимагає вирішення таких завдань: вибір математичних моделей теплообмінників і ємності та розрахунок коефіцієнтів моделей для конкретного апарату; вибір типу автома-

тичних регуляторів та розрахунок оптимальних налаштувань; розроблення схеми автоматизації; підбір вимірювальних перетворювачів, виконавчих пристроїв та інших елементів системи керування відповідно до схеми автоматизації.

Моделювання елементів ТОК

Відповідно до головної мети керування теплообмінником і ємністю обрано регульовані величини, параметри керування та складено математичні моделі апаратів, що входять до складу ТОК.

Регульованою величиною для баку є значення рівня, керуючим впливом - швидкість відкривання вентилі. Отже, математична модель ємності описує зміну рівня в ємності в залежності від швидкості відкривання вентилі і може бути описана аперіодичною ланкою першого порядку [2, 3]:

$$T_0 \frac{dL}{dt} + L = kx,$$

де L - значення рівня в ємності, T_0 - постійна часу, k - коефіцієнт підсилення, t - час.

Коефіцієнти моделі були визначені на основі реальних даних одного з фармацевтичних підприємств м. Києва. Результати розрахунку показали, що модель адекватно описує процес; похибка не перевищує 10 мм.

В якості параметра керування для теплообмінника може бути обрано витрати одного з вихідних потоків. За рекомендаціями [2], серед декількох варіантів має бути обраний той, який забезпечує найбільший вплив на регульовану величину. З метою визначення впливу витрат гарячого та холодного теплоносія на швидкість зміни температури на виході з теплообмінника було використано залежність відносної температури процесу від витрат гарячого і холодного теплоносіїв та інших величин процесу:

$$\frac{T_{x2} - T_{x1}}{T_{r1} - T_{x1}} = \frac{1}{\frac{c_x G_x}{KF} + \frac{1}{2} \left(1 + \frac{c_x G_x}{c_r G_r} \right)} \quad (1)$$

де T_{x1} і T_{r1} - температури холодного і гарячого теплоносіїв на вході, T_{x2} і T_{r2} - температури холодного й гарячого теплоносіїв на виході, c_x , c_r - питомі теплоємності теплоносіїв, G_x , G_r - масові витрати теплоносіїв, K - коефіцієнт теплопередачі стінки, F - площа поверхні теплообміну.

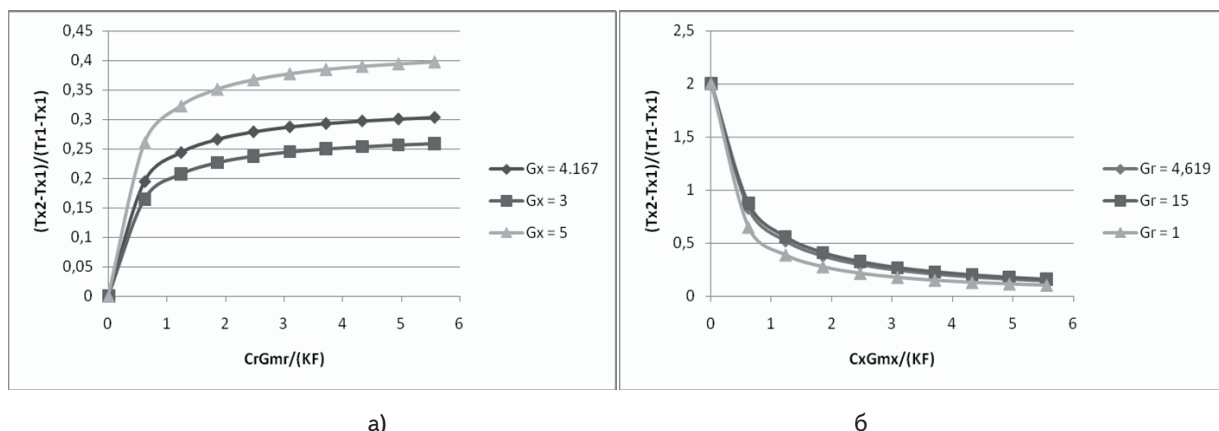


Рис. 2. Залежність відносної температури від витрат холодного (а) та гарячого (б) теплоносіїв

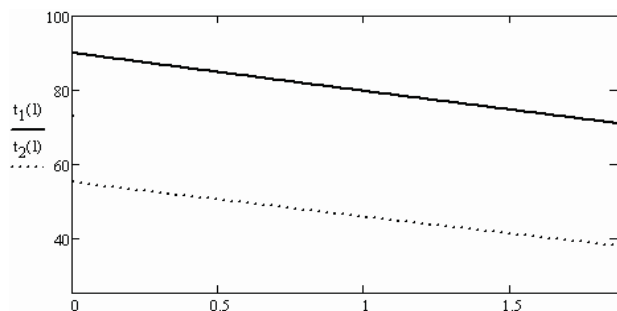
На рис. 2 наведено залежність відносної температури від масових витрат гарячого та холодного теплоносіїв.

Проведені розрахунки показали, що температура на виході з теплообмінника більш чутлива до витрат холодного теплоносія. Таким чином, в якості параметра керування обрано витрати холодного теплоносія.

Математична модель пластинчатого теплообмінника описує зміну температур гарячого та холодного теплоносіїв по довжині теплообмінника.

Основні допущення: середовища в теплообміннику рухаються в режимі ідеального витиснення, змішання в напрямку, перпендикулярному напрямку руху – повне; швидкість і температура в будь-якій площині, перпендикулярній напрямку руху, усереднюються; питомі теплоємності і щільності теплоносіїв і стінки в області робочих температур постійні; коефіцієнти тепловіддачі постійні по всій поверхні теплообмінника і не залежать від об'ємних витрат теплоносіїв; температура стінки, що розділяє теплоносії постійна по товщині стінки; втрати тепла в навколишній простір не враховуються.

Результати розрахунку за моделлю, виконані у середовищі MathCad, представлені на рис. 3.


 Рис. 3. Зміна температури гарячого (t_1) та холодного (t_2) теплоносіїв по довжині теплообмінника

Результати розрахунку показали, що модель адекватно описує процес: похибка по температурі не перевищує $0,5^\circ\text{C}$.

Розрахунок оптимальних налаштувань регуляторів

Відповідно до визначених вище цілей автоматизації процесу теплопостачання у цех виробництва твердих лікарських засобів виділено наступні контури регулювання і керування: контур регулювання температури на виході з теплообмінників, підтримання заданого рівня в баку, контур керування парю теплообмінників залежно від температури навколишнього середовища. У якості регуляторів запропоновані регулятори з диференціальною складовою, окрім останнього контуру, для якого доцільно використовувати трипозиційний регулятор.

Оптимальні налаштування ПІД-регуляторів для ємності і теплообмінників знайдені з використанням графоаналітичного методу Ротача В.Я. [2]. Передаточна функція розімкненої системи запишемо у вигляді:

$$W_{\text{p.c.}}(p) = W_0(p) \cdot W_p(p) \quad (2)$$

де $W_0(p)$ - передаточна функція об'єкта, $W_p(p)$ - передаточна функція регулятора.

Відповідно до запропонованого методу, показник M , що забезпечує заданий запас стійкості, задамо рівним 1,6.

Як було зазначено вище, математична модель ємності може бути представлена аперіодичною ланкою першого порядку

$$W_{01}(p) = \frac{1}{T_p + 1}$$

Математичну модель теплообмінника представимо аперіодичною ланкою другого порядку:

$$W_{02}(p) = \frac{1}{a_1 p^2 + a_2 p + 1}$$

Передаточна функція ПІД-регулятора:

$$W_p(p) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i p} + p T_D \right)$$

Підставимо дані вирази у (2) і отримаємо:

$$W_{p.c.1}(p) = \frac{K_p}{a_1 p^2 + a_2 p + 1} \left(1 + \frac{1}{T_{ip}} + p T_D \right) \quad (3)$$

$$W_{p.c.2}(p) = \frac{K_p}{T_p + 1} \left(1 + \frac{1}{T_{ip}} + p T_D \right) \quad (4)$$

Амплитудно-фазова характеристика розімкненої системи «теплообмінник-регулятор» отримана з (3), а для системи «бак-регулятор» - з (4). Після виконання відповідних розрахунків отримано оптимальні налаштування регуляторів та побудовано перехідні характеристики систем. Отримані значення прямих показників якості не перевищують заданих.

Відповідно до запропонованих контурів регулювання і керування розроблена схема автоматизації і підібрані технічні засоби автоматизації.

Структура та основні функції підсистеми керування процесом теплопостачання

Запропонована підсистема керування (рис. 4) є складовою частиною автоматизованої системи керування (АСК) цехом твердих лікарських засобів і призначена для підтримання заданої температури у цеху та забезпечення запасу гарячої води в ємності. На нижньому рівні підсистеми здійснюється збір даних з вимірювальних приладів. Далі інформація надходить на верхній рівень у контролер, де після відповідної обробки керуючі сигнали надходять на технологічний об'єкт керування. Вся інформація з контролера поступає на сервер, який під'єднаний до мережі Ethernet, та на робоче місце оператора-технолога. Частина інформації з сервера може бути передана у АСК цеху твердих лікарських засобів через мережу Ethernet.

Основні функції підсистеми керування реалізовані на базі мікропроцесорної техніки Siemens: моніторинг

і управління технологічними параметрами процесу, сигналізація при порушеннях температурного режиму, візуалізація технологічних параметрів у вигляді графіків і мнемосхем, архівування й аналіз даних спостережень.

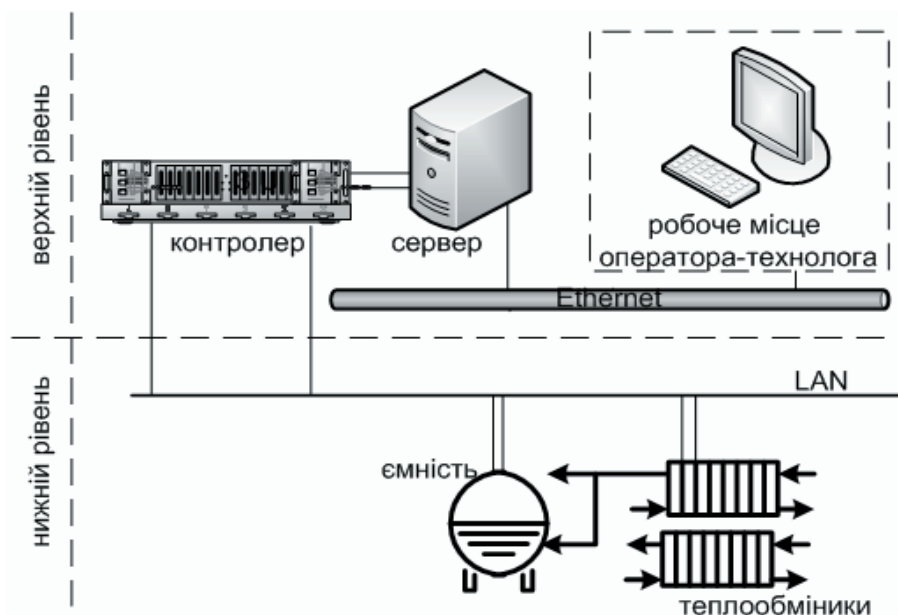


Рис. 4. Структура підсистеми керування

Висновки

В роботі розглянуто процес теплопостачання у цех виробництва твердих лікарських засобів як технологічний об'єкт керування та обґрунтовано вибір контрольованих величин та керуючих впливів.

На базі математичних моделей теплообмінника та ємності виконано розрахунок оптимальних налаштувань регуляторів, запропоновано контури контролю, регулювання та керування.

Розглянуто структуру та принципи побудови підсистеми керування процесом теплопостачання у цех виробництва твердих лікарських засобів.

Література

1. Матвеева И. В., Сангинова О. В. Компьютерная поддержка многоассортиментных производств лекарственных средств [Текст] / Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-22: сб. трудов XXII Международ. науч. конф. в 10 т. Т. 10. Секция 11 / под общ. ред. В.С. Балакирева. - Псков: изд-во Псков. гос. политехн. ин-та, 2009. с. 31-33.
2. Полоцкий Л.М. Автоматизация химических производств. [Текст] / Полоцкий Л.М. К.Ф., Лапшенков Г.И. // – Учебное пособие для вузов – Л.: Химия, 1982. – 53с., 242с.
3. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. [Текст] / Иоффе И.Л. // - Л. Химия, 1991. – С. 202 – 261.
4. Лукінюк М.В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст]: навч. посіб для студ.вищ. навч.закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ютер.-інтегр. технології»/ М.В. Лукінюк.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236с.